

# Aufbereitung von Erzen

## Martin Rudolph

Helmholtz-Institut Freiberg für Ressourcentechnologie



# Übersicht

- 1) Was bedeutet „Aufbereitung von Erzen“?
- 2) Prozessschritte für die Aufbereitung eines Kupfererzes – Fließbild
- 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung
- 4) Trennen nach der Größe – Klassierung
- 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Sortierung
- 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation

# 1) Was bedeutet „Aufbereitung von Erzen“?

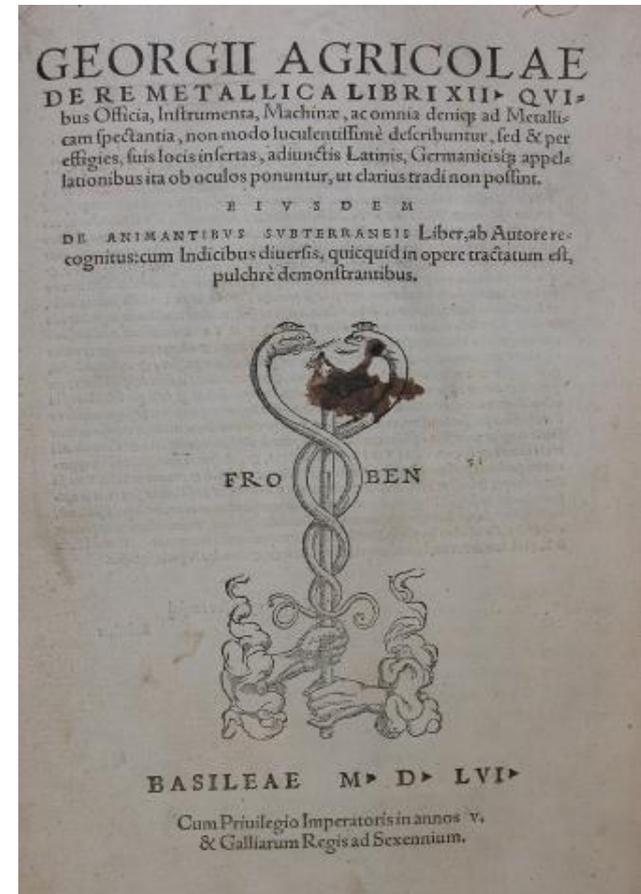
# 1) Was bedeutet „Aufbereitung von Erzen“?

- im Wesentlichen ist es die **Anreicherung** von **Wertstoffmineralen** (bei Kupfer z.B. Chalkosin  $\text{Cu}_2\text{S}$ , Covellin  $\text{CuS}$ , Bornit  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  und Chalkopyrit  $\text{CuFeS}_2$ )
- die wertlosen Bestandteile werden als **Berge** bezeichnet (bei Kupfererzen z.B. Quarz, Feldspat, Kalkstein, Schwerspat, Hämatit)
- bei Kupfererzlagerstätten wird der Kupfergehalt zum Beispiel von ca. 1% auf bis zu 30% durch die Aufbereitung erhöht
- Wesentliche Bestandteile der Aufbereitungstechnik sind:
  - **ZERKLEINERUNG**, d.h. Reduzierung in der Größe von Gesteinsbrocken bis zum mehligen Gut
  - **KLASSIERUNG**, d.h. Trennung nach der Korngröße durch Siebung oder Strömungskräfte
  - **SORTIERUNG**, d.h. Trennung nach bestimmten physikalischen (z.B.: Dichte, Magnetisierbarkeit, Leitfähigkeit) oder physikalisch-chemischen (Benetzbarkeit) Eigenschaften

# Regionalhistorisches zur Aufbereitung

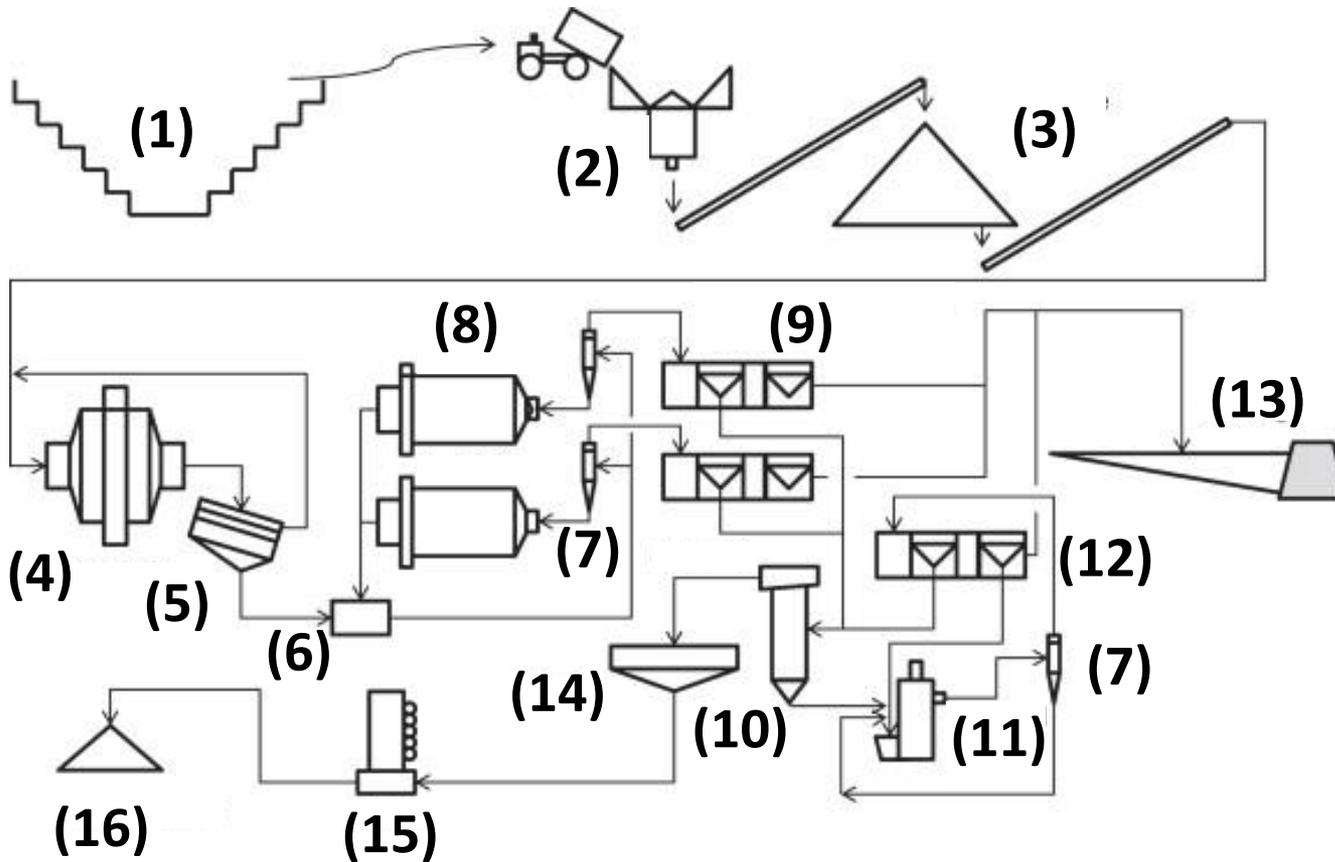
## Georgius Agricola – 1494 – 1555

### *De re metallica (1556) – zur Renaissance-Technologie des Bergbaus und Hüttenwesens*



# 2) Prozessschritte für die Aufbereitung eines Kupfererzes - Fließbild

## 2) Prozessschritte für die Aufbereitung eines Kupfererzes - Fließbild

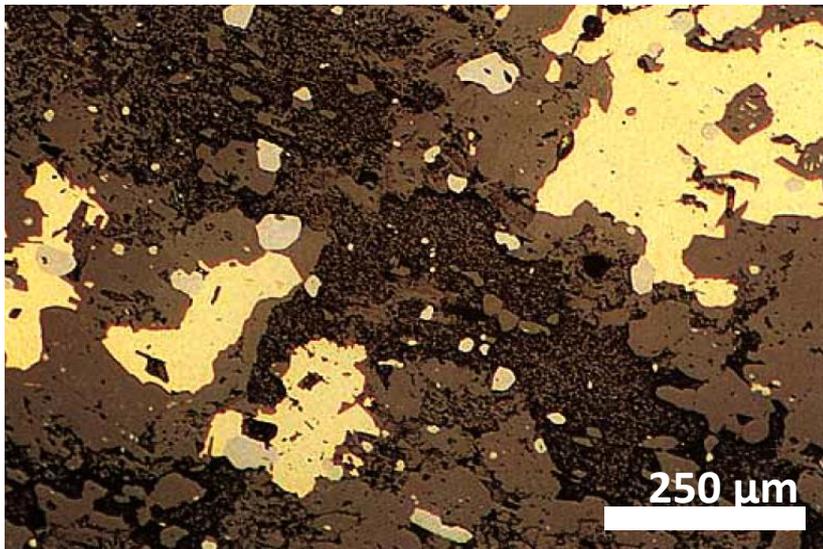


- 1) Tagebau
- 2) Backenbrecher
- 3) Halde
- 4) Semiautogenmühle
- 5) Sieb
- 6) Nassmischer
- 7) Hydrozyklon
- 8) Kugelmühle
- 9) Grund- und  
Reinigungsflotation
- 10) Säulenflotation
- 11) Kugelmühle  
(Nachzerkleinerung)
- 12) Nachflotation
- 13) Abraumhalde
- 14) Eindicker
- 15) Bandfilter
- 16) Konzentrat

# 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung

### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung

- Ziel ist es, dass die Wertstoffminerale nach diesem Aufbereitungsschritt nicht mehr, bzw. so wenig wie möglich mit den Bergemineralen verbunden sind.
- Die Erzbrocken müssen hierfür mindestens so fein zerkleinert werden, wie die Verwachsungsgrößen des Wertstoffes sind, d.h. wenige mm bis zu wenige  $\mu\text{m}$ .



- In mikroskopischen Schliffaufnahmen von Proben der Lagerstätte (z.B. links) kann man die Verwachsungsgrößen beurteilen. Das Bild zeigt das gelbliche Kupfermineral Chalkopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ ) mit dem hellen Rutil ( $\text{TiO}_2$ ) und den dunklen Bergemineralen.

### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung



### 3) Aufschließen des Erzes – Aufschlussgrad

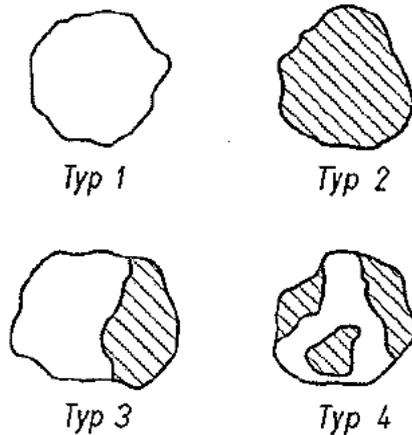


Bild 15. Freie und verwachsene Körner

Typ 1: freie Gangartkörner

Typ 2: freie Wertstoffkörner

Typ 3: einfach verwachsene Körner (eine Grenzfläche!)

Typ 4: komplex verwachsene Körner (mindestens zwei getrennte Wertstoffteilmolumina!)

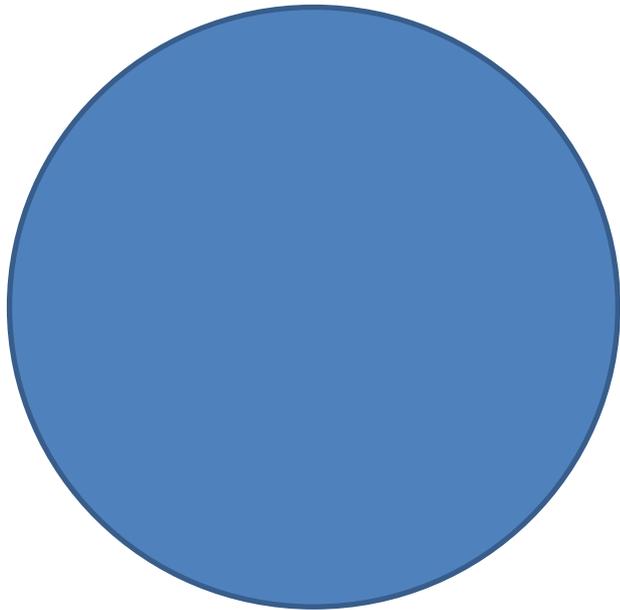
$$A_i = \frac{N_{fr}}{N_{fr} + N_{\ddot{a}q}} 100 \quad \text{in \%}$$

$N_{fr}$  Anzahl der freien Körner in der  $i$ -ten Korngrößenklasse

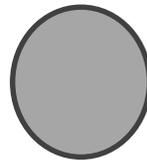
$N_{\ddot{a}q}$  Anzahl der äquivalenten Körner in der  $i$ -ten Korngrößenklasse

## Rechenübung – Aufschlussgrad nach Gaudin

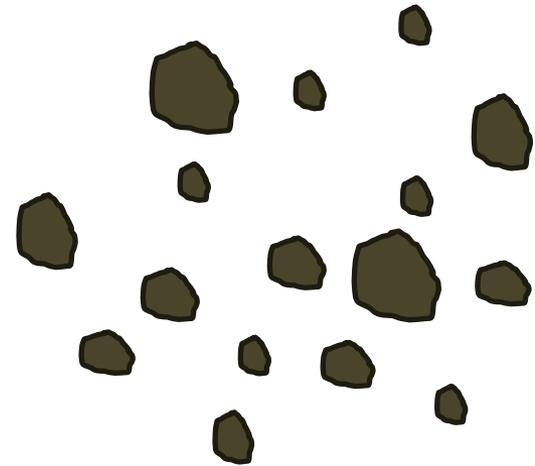
### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (Dimensionen bei der Feinstmahlung für feinst verwachsene Körner)



menschliches Haar  
ca. 80  $\mu\text{m}$



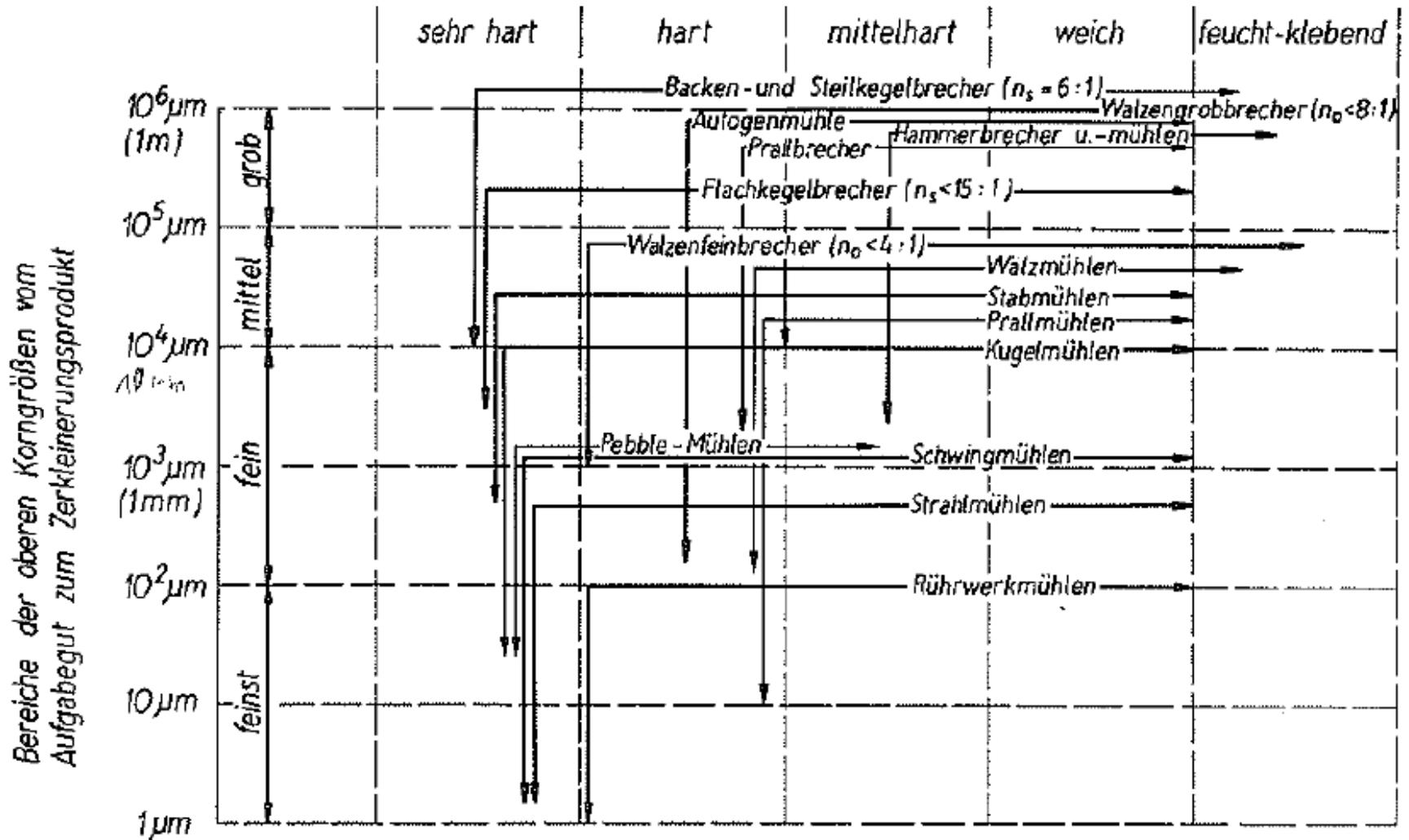
Mehlkorn  
ca. 20  $\mu\text{m}$



Feinst gemahlenes  
Erz, wenige  $\mu\text{m}$

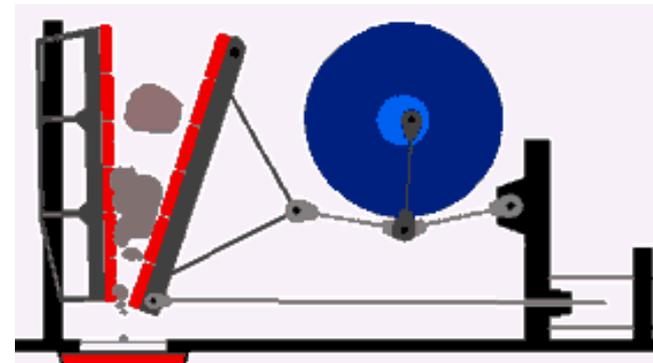
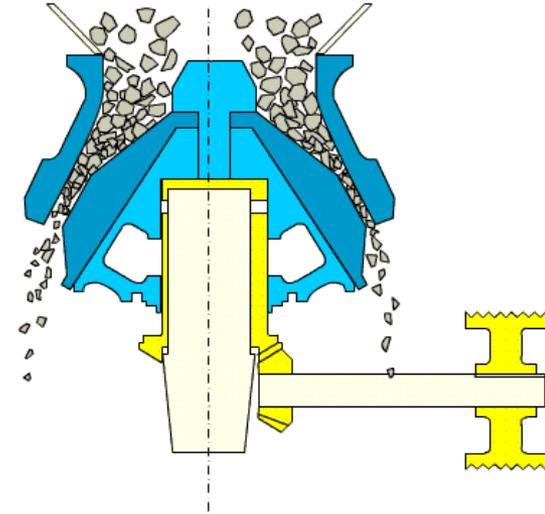
### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerungsmaschinen

Festigkeitseigenschaften des Zerkleinerungsgutes



Bereiche der oberen Korngrößen vom Aufgabegut zum Zerkleinerungsprodukt

### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (Backen- und Kegelbrecher)



### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (Kugelmühle)



## Rechenübung – kritische Drehzahl

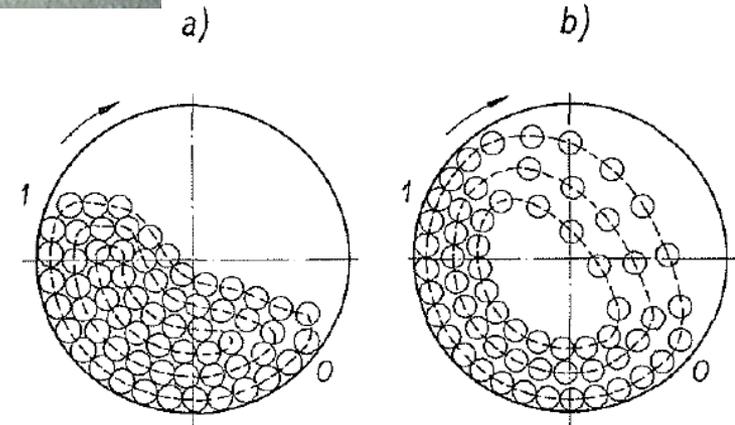
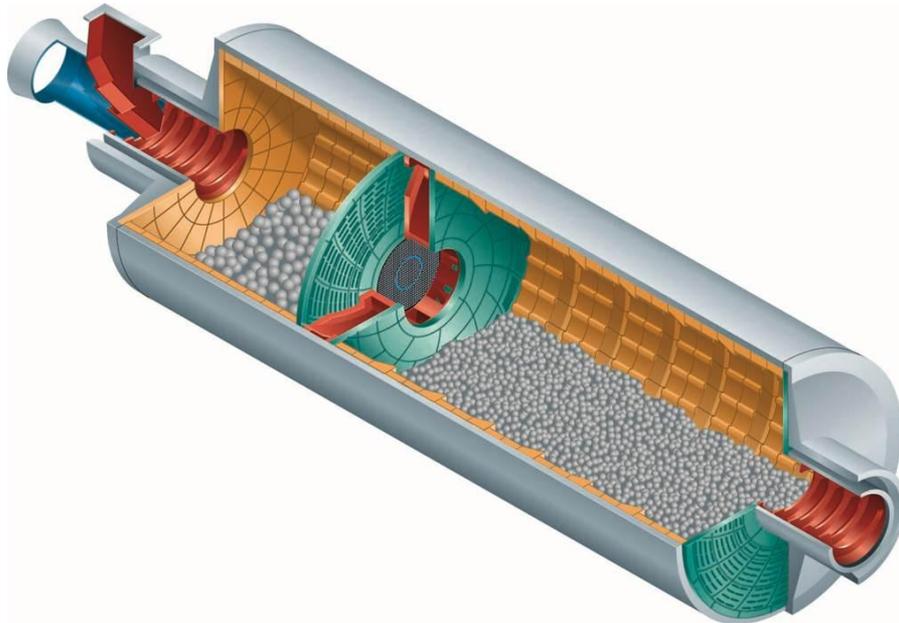
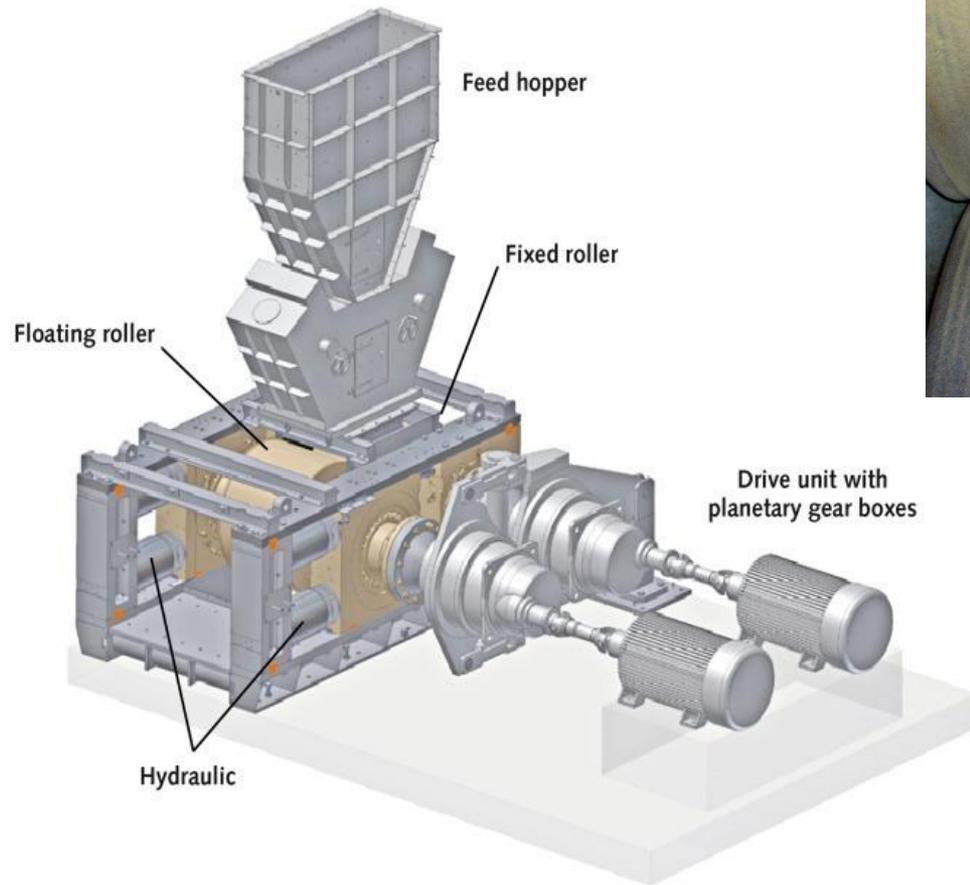


Bild 78. Mahlkörperbewegungsformen in Trommelmühlen, schematisch

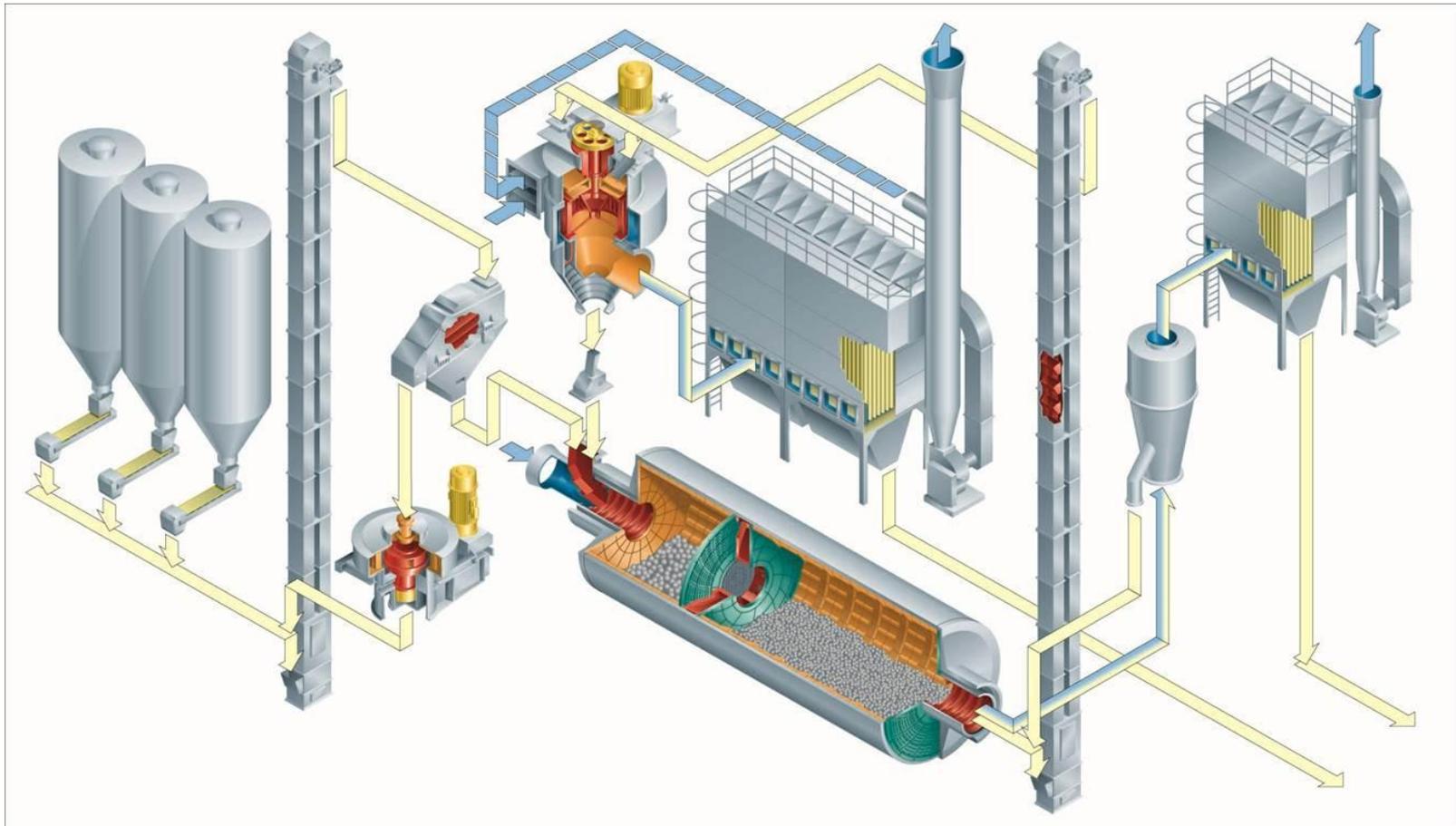
a) Kaskadenbewegung (Abrollen und Abgleiten der Mahlkörper)

b) Kataraktbewegung (Mahlkörperwurf)

### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (Walzenmühle)

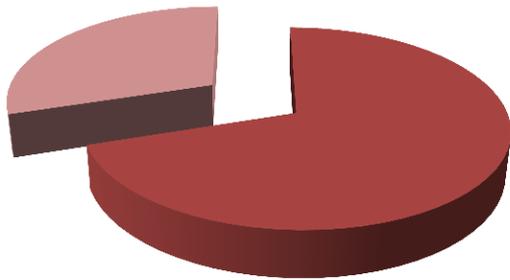


### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (moderner Mahlkreislauf mit Klassierung)



### 3) Aufschließen des Erzes – Zerkleinerung (ein energiezehrender Prozess)

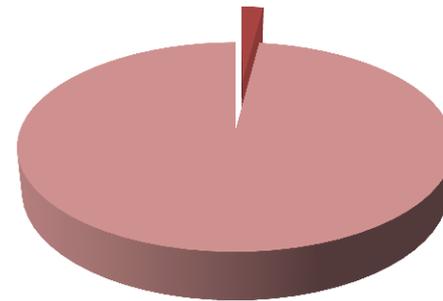
#### Bergbau und Aufbereitung



65 % ... 85 % Energiebedarf für Zerkleinerung

entspricht 50 % der laufenden Kosten der Aufbereitung

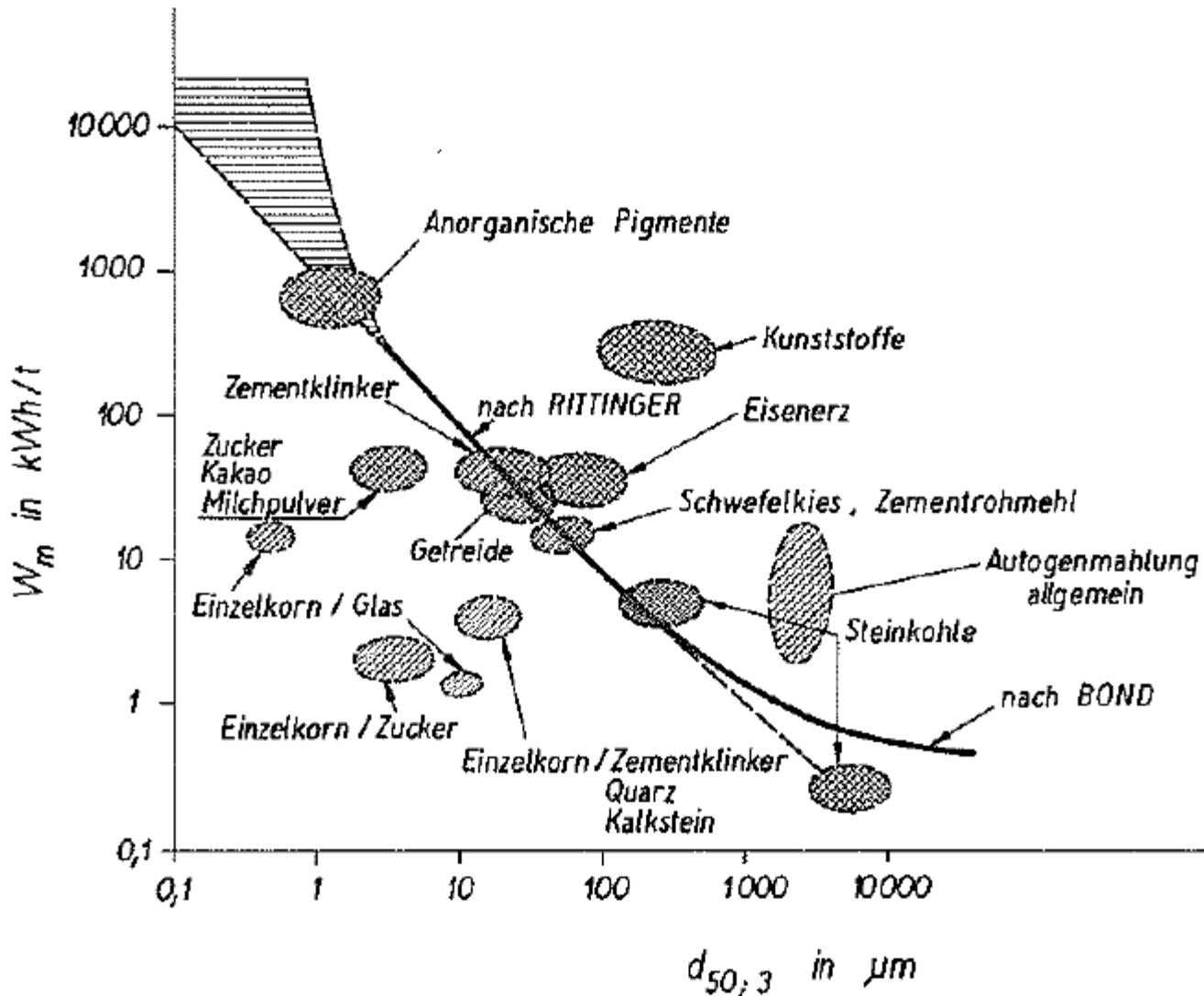
#### Weltelektroenergie



15 000 000 kWh Elektroenergie in der USA 2000

2 % des Weltelektroenergiebedarfs

### 3) Aufschließen des Erzes – Energiebedarf der Zerkleinerung



massebezogener Energiebedarf (Ordinate) als Funktion des Medianwertes der Korngrößenverteilung der Produkte (Abszisse)

# 4) Trennen nach der Größe - Klassierung

## 4) Trennen nach der Größe - Siebklassierung

- Ziel der Klassierung ist es die Körner nach der Zerkleinerung in bestimmte Größenfraktionen zu trennen. Bei groben Körnern erfolgt dies auf Sieben.

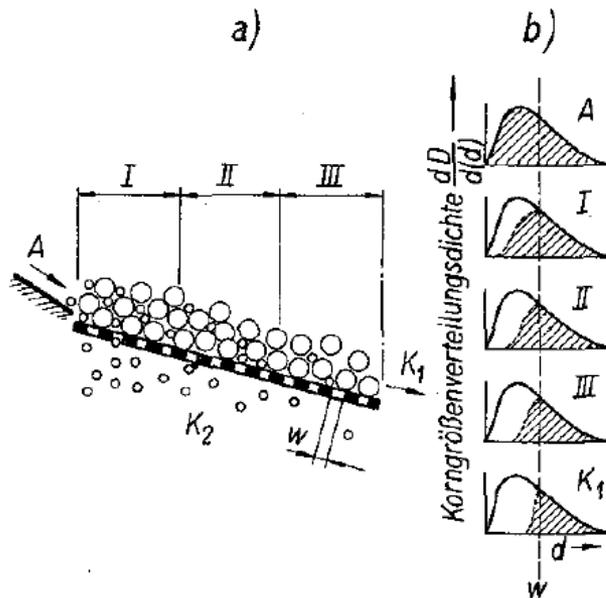


Bild 105. Siebprozeß, schematisch  
 a) Wirkprinzip  
 b) Veränderung der Korngrößenverteilung des Siebüberlaufes  
 A Aufgabe;  $K_1$  Grobgut;  $K_2$  Feingut

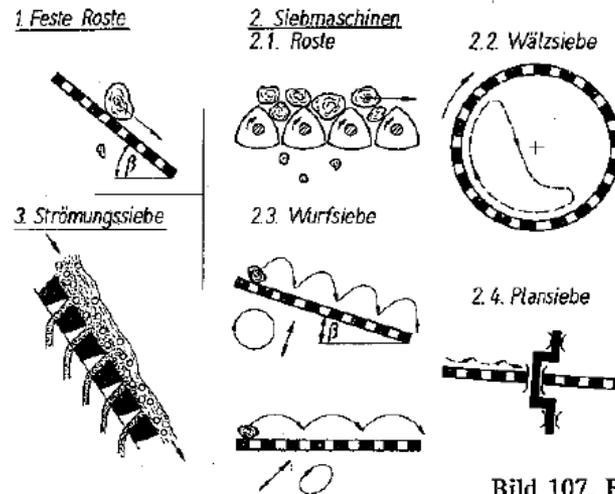


Bild 107. Einteilung der Ausrüstungen zum Siebklassieren nach der Siebgutbewegung

## 4) Trennen nach der Größe - Stromklassierung

- Feine Körner werden durch Strömungskräfte nach ihrer Größe getrennt.

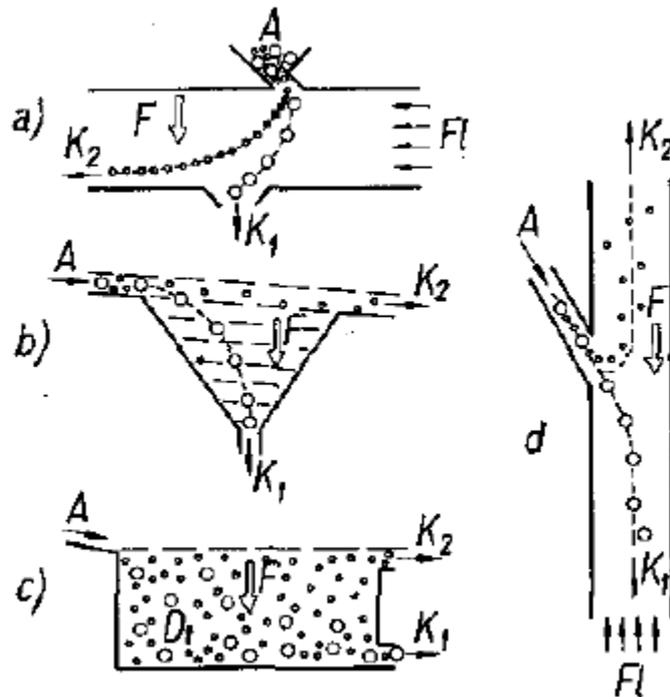


Bild 106. Wirkprinzipien für das Stromklassieren

- a) Querstromaeroklassierung (Querstromwindsichtung)
- b) laminare Querstromhydroklassierung
- c) turbulente Querstromhydroklassierung
- d) Gegenstromklassierung

$A$  Aufgabe;  $F$  Kraftfeld;  $K_1$  Grobgut;  $K_2$  Feingut;  $F_l$  Fluid

## 4) Trennen nach der Größe – Stromklassierung nass

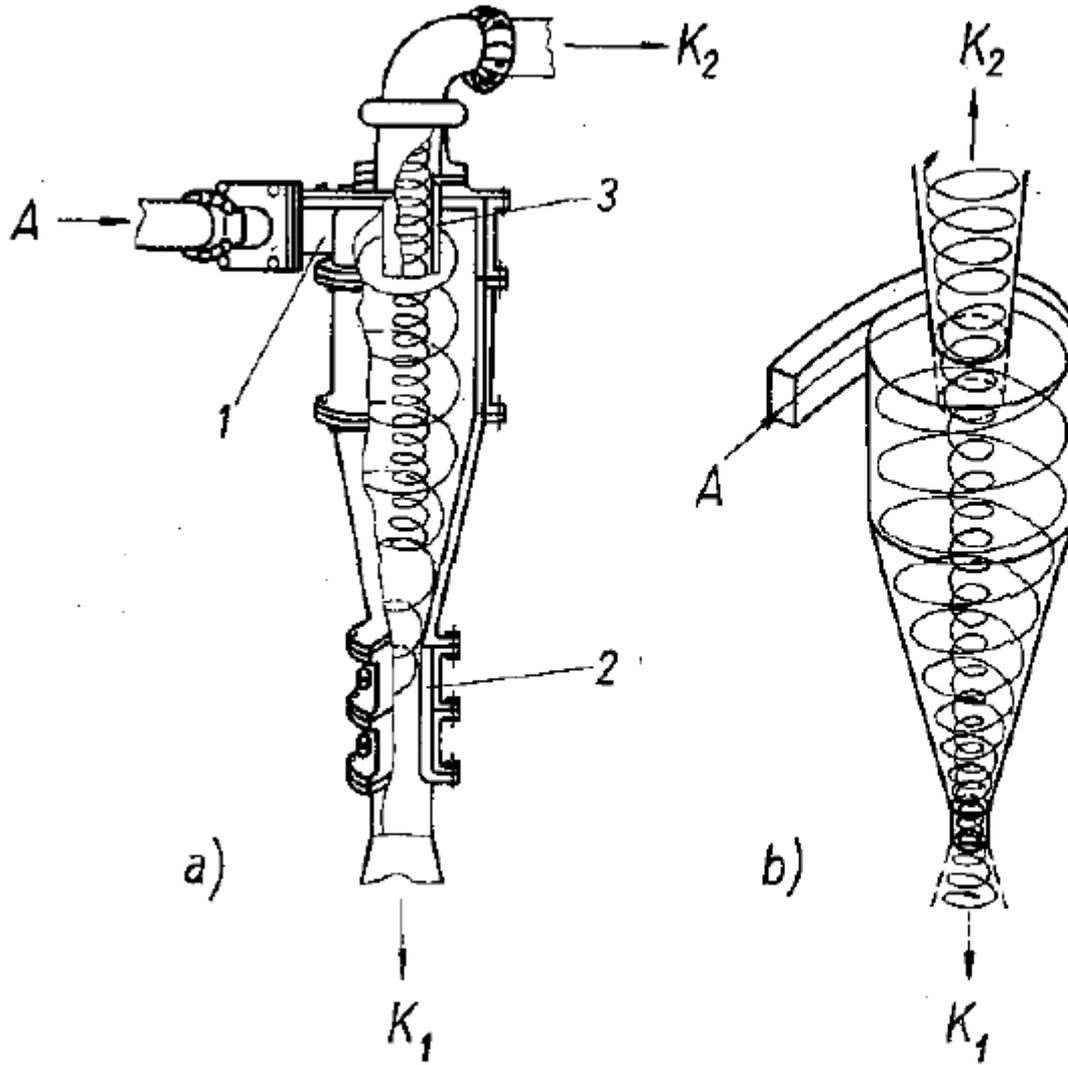


Bild 174. Hydrozyklon

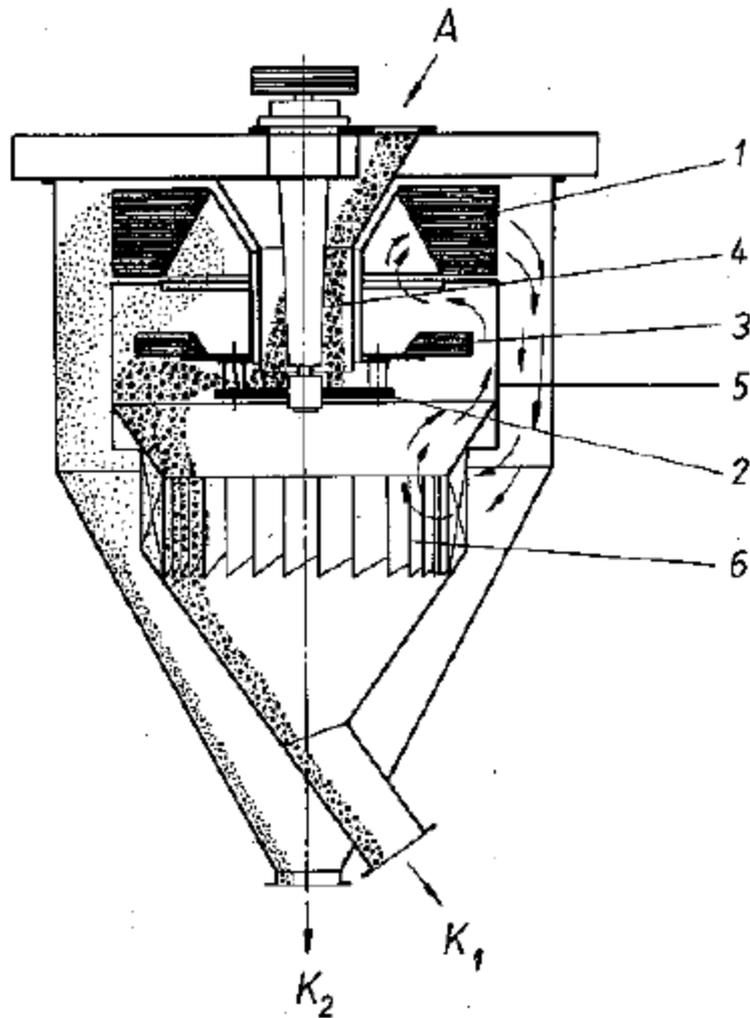
a) normaler Bauart

(1) Aufgabedüse; (2) Unterlaufdüse; (3) Überlaufdüse (Wirbelsucher)

b) Wirbelströmungen im Hydrozyklon

A Aufgabe; K<sub>1</sub> Grobgut; K<sub>2</sub> Feingut

## 4) Trennen nach der Größe – Stromklassierung trocken



## Physikalisches Trennmodell der Stromklassierung (Körner im Strömungsfeld)

Bild 188. Streuwindichter, konventionelle Bauart [826]

(1) Umluftgebläserad; (2) Streuteller; (3) Zentrifugalsystem; (4) Fallrohr; (5) Innenzylinder; (6) Rückluftjalousie

# 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Sortierung

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Sortierung

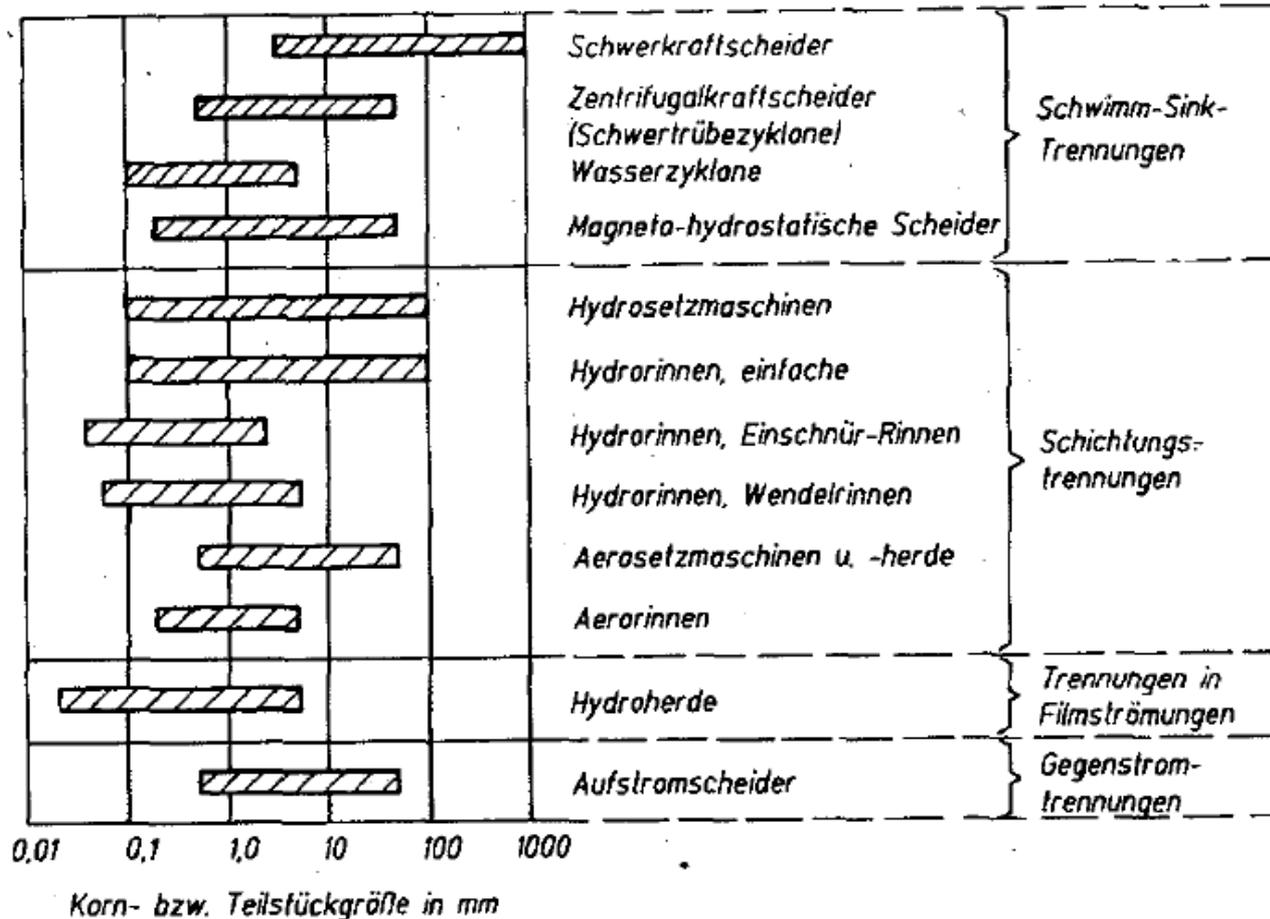
- Ziel des Trennens nach physikalischen Eigenschaften ist es die aufgeschlossenen Wertstoffmineralkörner von den Bergemineralkörnern gleicher Größe zu trennen.
- Man macht sich physikalische Unterschiede zu nutze:
  - Dichte (**DICHTETRENNUNG**)
  - Magnetisierbarkeit (**MAGNETSCHEIDUNG**)
  - Elektrische Eigenschaften (**ELEKTROSCHEIDUNG**)
  - Optische Eigenschaften (sensorgestützte Trennung oder Handklaubung)



## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Dichtentrennung (Dichten bedeutender Mineralen)

Mineral	Dichte in g/cm <sup>3</sup>
Quarz (SiO <sub>2</sub> )	2,65
Feldspat (NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> , KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	2,10 ... 2,56
Fluorapatit (Ca <sub>5</sub> F(PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> )	3,2
Hämatit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), Magnetit (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> )	5,2
Gold (Au)	19,3
Chalkopyrit (CuFeS <sub>2</sub> )	4,2
Covellit (CuS)	4,6
Diamant (C)	3,52
Kassiterit (SnO <sub>2</sub> )	6,3 ... 7,2
Uraninit (UO <sub>2</sub> )	10,88
Bastnäsit ((Ce, La)(CO <sub>3</sub> )F)	4,7 ... 5,0
Monazit ((Ce,La,Nd,Th)(PO <sub>4</sub> ))	4,6 ... 5,4

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Dichtentrennung (Methoden, Arbeitsbereiche)



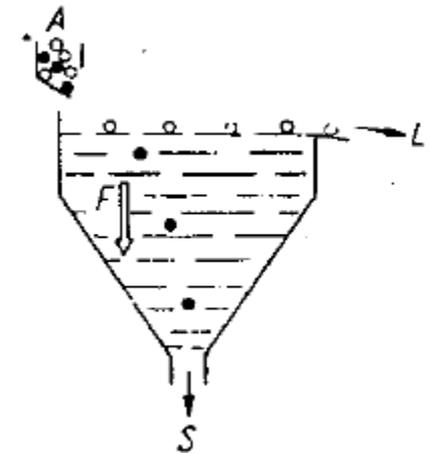
**Bild 1** Durch Dichtesortierprozesse bzw. -ausrüstungen verarbeitbare Korngrößen- bzw. Teilstückgrößenbereiche

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Dichtentrennung (Schwimm-Sink-Trennung)

- Die Schwimm-Sink-Trennung erfolgt meist mit sogenannten Schwerertrüben (Suspensionen) seltener auch mit Salzlösungen. Die Suspensionsdichte markiert die Trenndichte, d.h. Minerale mit niedrigerer Dichte schwimmen auf, welche mit höherer Dichte sinken ab.

Tabelle 3.11: verfahrenstechnisch relevante Schwerstoffe

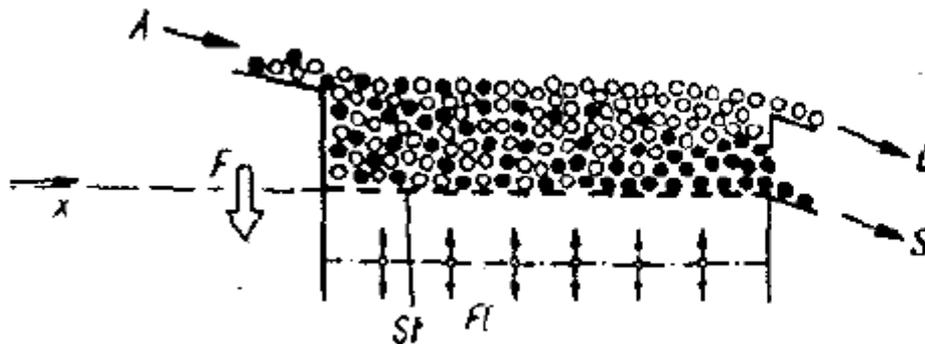
Schwerstoff	Schwerstoffdichte in $\text{kg/m}^3$	max. erzielbare Trübedichte in $\text{kg/m}^3$
Baryt ( $\text{BaSO}_4$ )	4300...4700	2000
Ferrochrom (etwa 15% Cr), verdüst	etwa 7500	4200
Ferrosilizium (etwa 15% Si)	etwa 6900	
a) gemahlen		3200
b) verdüst		3800
Galenit ( $\text{PbS}$ )	7400...7600	3300
Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )	4900...5200	2400
Pyrit ( $\text{FeS}_2$ )	4900...5200	2400
Quarzsand	etwa 2600	1400



**Bild 2** Wirkprinzipien der Schwimm-Sink-Sortierung  
**A** Aufgabe; **L** Leichtgut; **S** Schwergut; **F** Kraftfeld

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Dichtentrennung (Setzen)

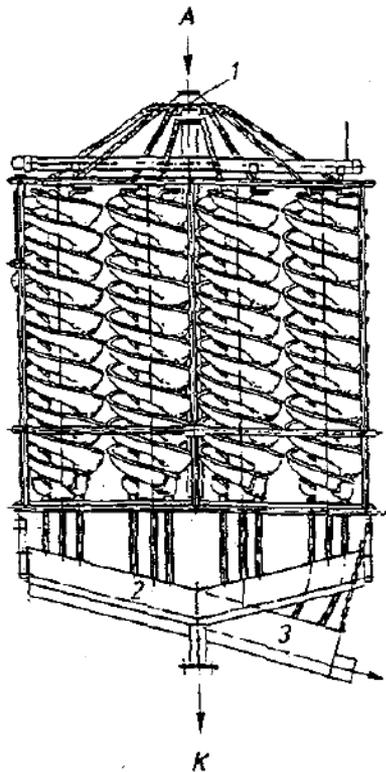
- Beim Prinzip des Setzen nutzt man aus, dass sich bei gleich großen Körnern in einem bewegten Haufwerk die Körner mit höherer Dichte unter diejenigen mit niedrigerer Dichte anordnen. Wichtig hierbei ist die Auflockerung des Haufwerkes durch mechanische Kräfte (Rüttelbewegungen) oder Strömungskräfte.
- Das bekannte „Waschen“ von Gold zählt zu diesen Methoden.



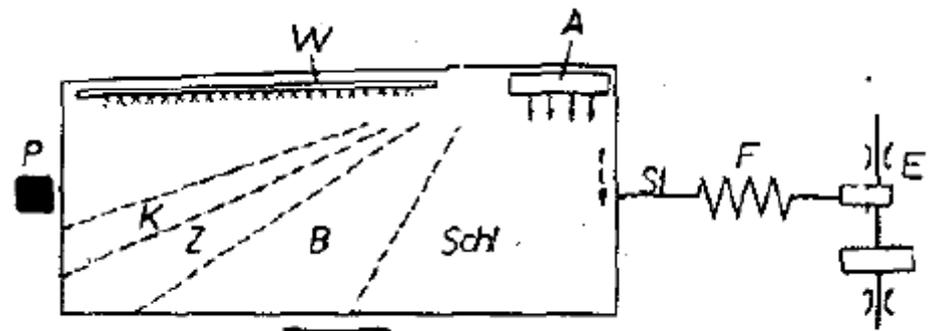
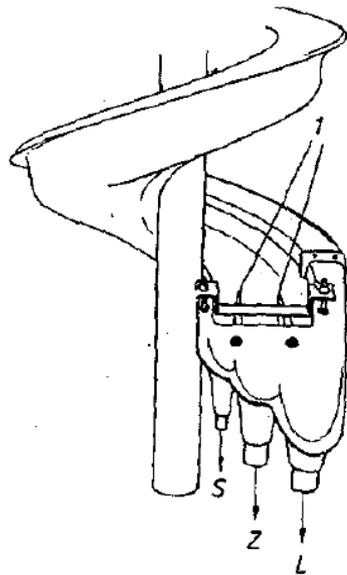
**Bild 36** Wirkprinzip der Sortierung im pulsierenden Aufstrom (Setzen)  
A Aufgabe; L Leichtgut; S Schwergut; F Kraftfeld; Fl Fluid; St Setzgutträger

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Dichtentrennung (Rinnen und Herde)

- Bei Rinnen und Herden nutzt man Grenzschichtströmungen, um Leichtgut von Schwergut zu trennen. Wichtige Apparate sind sogenannte Herde und Wendelscheider.



**Bild 78** Wendelrinne, Bauart Vickers Xatal FG [250]  
 (1) Produktteiler  
 L Leichtgut; S Schwergut; Z Zwischengut



**Bild 83** Schwingherd, schematisch  
 A Aufgabe; B Abgänge; K Konzentrat;  
 Z Zwischengut; Schl Schlämme  
 E Exzenter; F Feder; P Prellvorrichtung;  
 St Schubstange; W Wasserbrausen

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften - Magnetscheidung

- Bei der Magnetscheidung nutzt man die unterschiedlichen Magnetisierungseigenschaften aus. Die physikalische Eigenschaft wird beschrieben mit der sogenannten magnetischen Suszeptibilität  $\chi$ .
- Die Apparate für diese Trennung bezeichnet man als Magnetscheider.



## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften – Magnetscheidung (Suszeptibilitäten von Mineralen)

Mineral	Magnetische Suszeptibilität in $10^{-9} \text{ g/cm}^3$
Quarz ( $\text{SiO}_2$ )	-6
Feldspat ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )	10 ... 1000
Fluorapatit ( $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ )	-3 ... 10
Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	550 ... 3800
Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )	1800000 ... 12800000
Gold ( <b>Au</b> )	-28
Chalkopyrit ( $\text{CuFeS}_2$ )	1600 ... 4000
Diamant ( <b>C</b> )	-6
Kassiterit ( $\text{SnO}_2$ )	-3,3 ... 2100

## 5) Trennen nach physikalischen Eigenschaften - Elektroscheidung

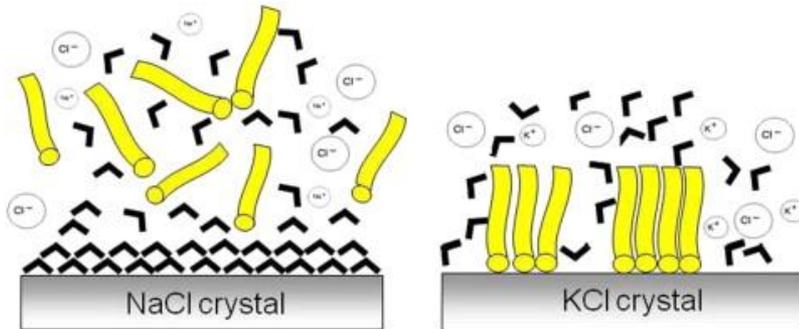
- Da es sich bei den meisten mineralischen Wertstoffen um Nichtleiter handelt, nutzt man die die Kontaktaufladung aus, indem abhängig von der Elektronenaustrittsarbeit (physikalische Größe) einer der Kontaktpartner negativ und einer positiv aufgeladen wird. In einem elektrischen Feld werden die negativ geladenen Körner zur Anode (positiv geladene Elektrode) und die positiv geladenen Körner zur Kathode (negativ geladenen Elektrode) abgelenkt.
- Jeder kennt diesen Effekt, wenn einem die eigenen Haare (Nichtleiter) vom Kopfe abstehen, besonders im Winter wenn man die Mütze in einem trockenen Raum abnimmt. Dies wird verständlich, wenn man weiß, dass es zwischen der Mütze und den Haaren zur Kontaktaufladung kommt.
- Bedeutend ist die Elektrosortierung bei der Trennung von Sylvit (KCl) und Halit (NaCl), welche in Steinsalz, z.B. in Sachsen-Anhalt vorkommen.

# 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation

## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften– Flotation

- Die Trennung nach physikalischen Eigenschaften ist meistens nur ab einer minimalen Korngröße von 100  $\mu\text{m}$  möglich. Jedoch liegen viele Wertminerale feinst verwachsen vor und die Aufschlusskorngröße ist kleiner als oder im Bereich von 100  $\mu\text{m}$ .
- Für feine Partikel mit Korngrößen kleiner 100  $\mu\text{m}$  findet die Flotation Einsatz. Dieser Prozess gehört zu den sogenannten Heterokoagulationstrennungen und basiert auf der unterschiedlichen Benetzbarkeit von Wertstoffmineralen und Gangmineralen unter Einsatz von organischen Reagenzien.
- Das Prinzip ist die selektive Anhaftung von Körnern (hydrophobe Teilchen) an Luftblasen und dem gemeinsamen Aufstieg in einem Schaum, welcher von der Suspension abgetrennt wird, welche die hydrophilen Teilchen beinhaltet.

## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation (industrielle Beispiele)



**Steinsalz** – Trennung von NaCl und KCl



**Pb-, Zn- und Cu-Erze** – können zu 90 % ohne Flotation nicht aufbereitet werden



**Steinkohle** – Abtrennung von silikatischen Bestandteilen und somit Reduktion des Aschegehaltes



**Papierrecycling** – Entfernung der Druckerschwärze

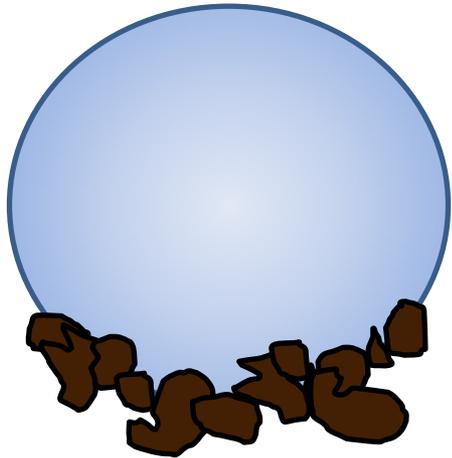
## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation

**„Die Anwendung der Flotation hat wesentlich dazu beigetragen, die Basis industriell verwertbarer Mineralvorkommen zu erweitern.“**

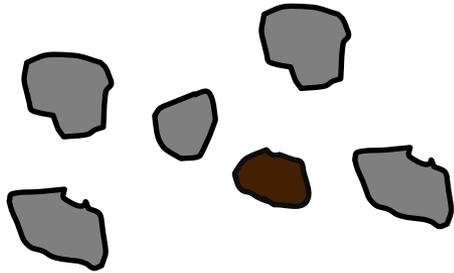
**„Ohne diese Prozesse wäre die Nutzung vieler feinverwachsener Rohstoffe auf dem heutigen technischen und ökonomischen Niveau nicht denkbar.“**

**„Im Rahmen der Aufbereitung mineralischer Rohstoffe werden im Weltmaßstab mehrere Milliarden Tonen jährlich flotiert“**

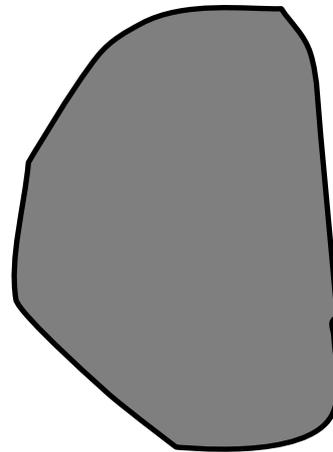
## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften– Flotation (Prinzip)



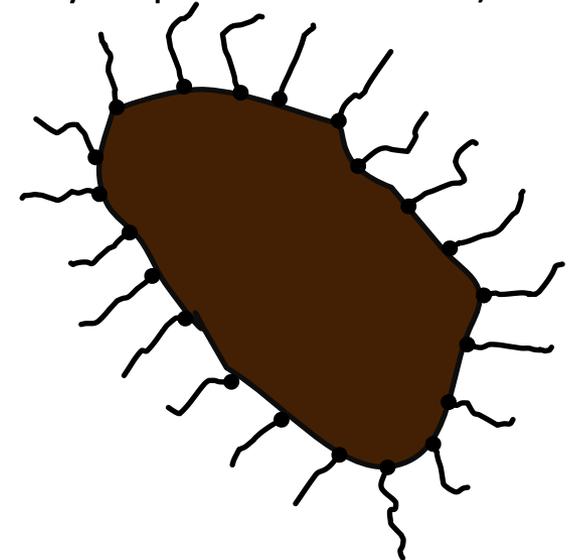
aufsteigende Luftblase mit  
anhaftenden hydrophoben Teilchen



Selektive Anlagerung von  
oberflächenaktiven Molekülen  
(hydrophiler Kopf und hydrophober Schwanz)



hydrophiles  
Bergmineralkorn

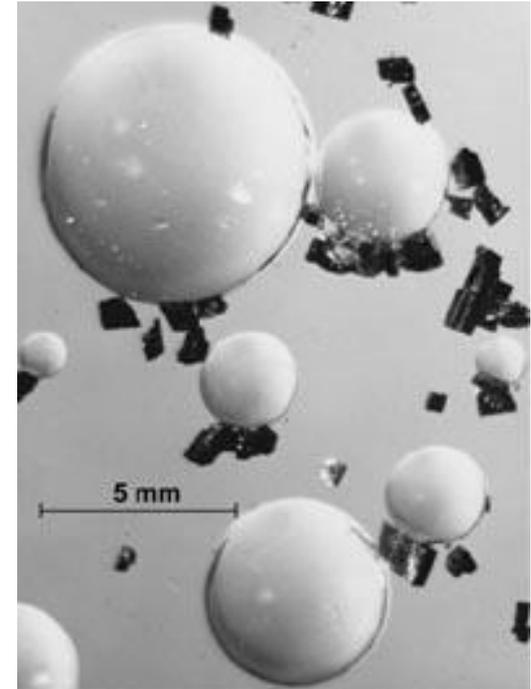


hydrophobisiertes  
Wertstoffmineralkorn

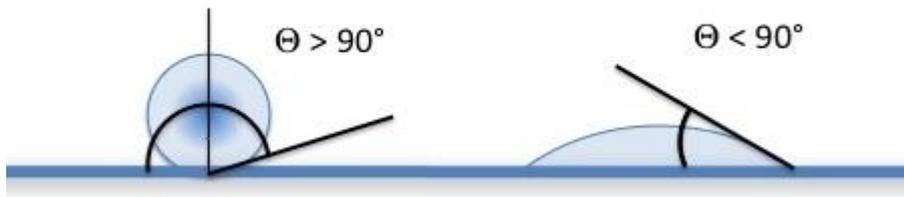
## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation (Was ist Benetzung?)



Wassertropfen (hydrophil) auf einem hydrophoben Stoff,  
(rechts – Lotuseffekt)



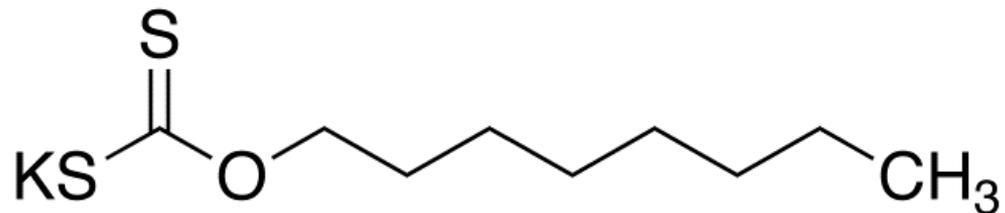
hydrophobe  
Kohlepartikel an  
Luftblasen haftend in  
Wasser



Benetzungswinkel  $\Theta$  kennzeichnet die Benetzbarkeit,  
links: nicht benetzend, rechts: benetzend

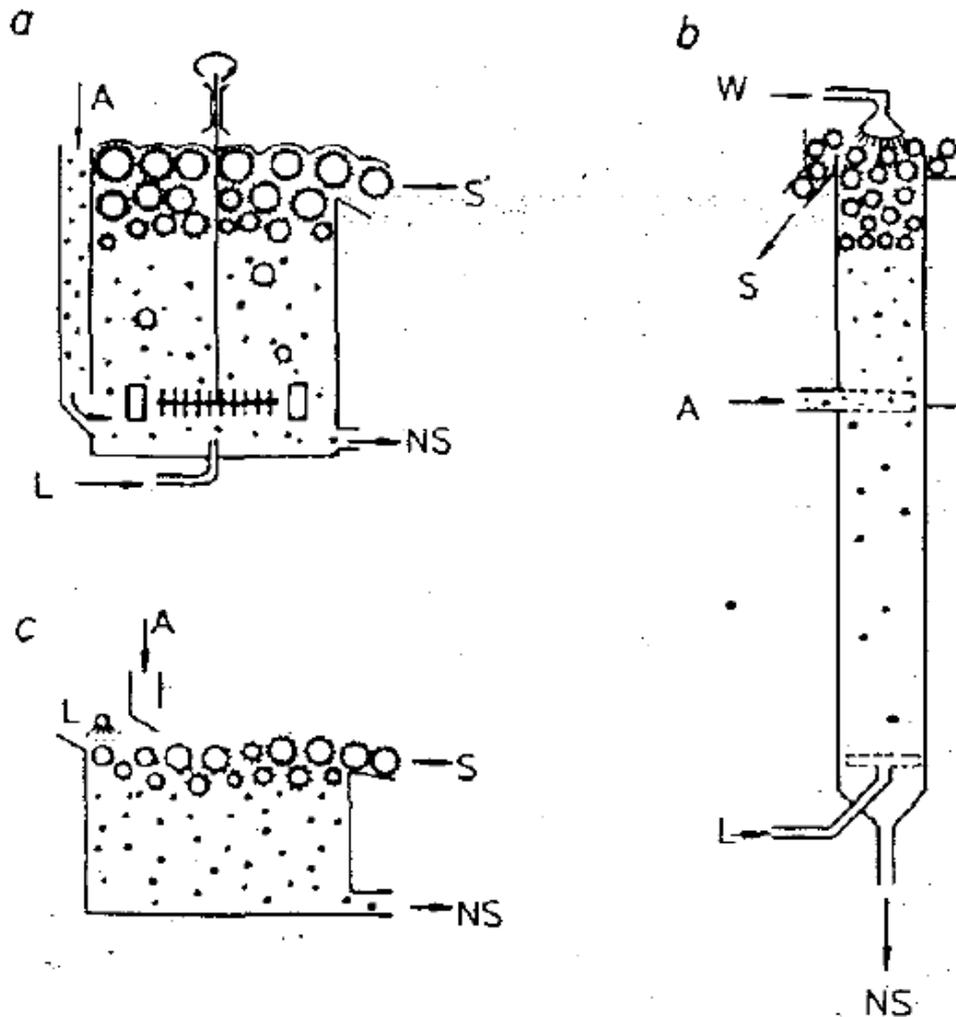
## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation (Wie macht man Mineralkörner hydrophob?)

- Typischerweise sind Mineralkörner in Wasser gut benetzend und somit hydrophil. Es muss durch Einwirkung oberflächenaktiver Moleküle die Oberfläche selektiv hydrophob gemacht werden.
- Da diese Moleküle bestimmte Minerale „einsammeln“ bezeichnet man sie als **Sammlermoleküle**.
- Bei sulfidischen Mineralen, wie den Kupfermineralen in den bisherigen Beispielen, verwendet man als organische Moleküle sogenannte Xanthogenate. Die Wirkung ist u.a. abhängig von: pH-Wert, Temperatur, gelösten Ionen



Kalium Octyl Xanthogenat – ein Sammlermolekül für Chalkopyrit

## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation (Einteilung der Apparate)



**Bild 208** Wirkprinzipien in Heterokoagulationstrennungen:

- a) Schaumflotation in mechanischen Flotationsapparaten
  - b) Schaumflotation in Flotationskolonnen (Gegenstrom-Flotationsapparaten)
  - c) Schaumseparation
- A Aufgabe; L Luft; S Schaumprodukt; NS Flotationsrückstand; W Waschwasser.

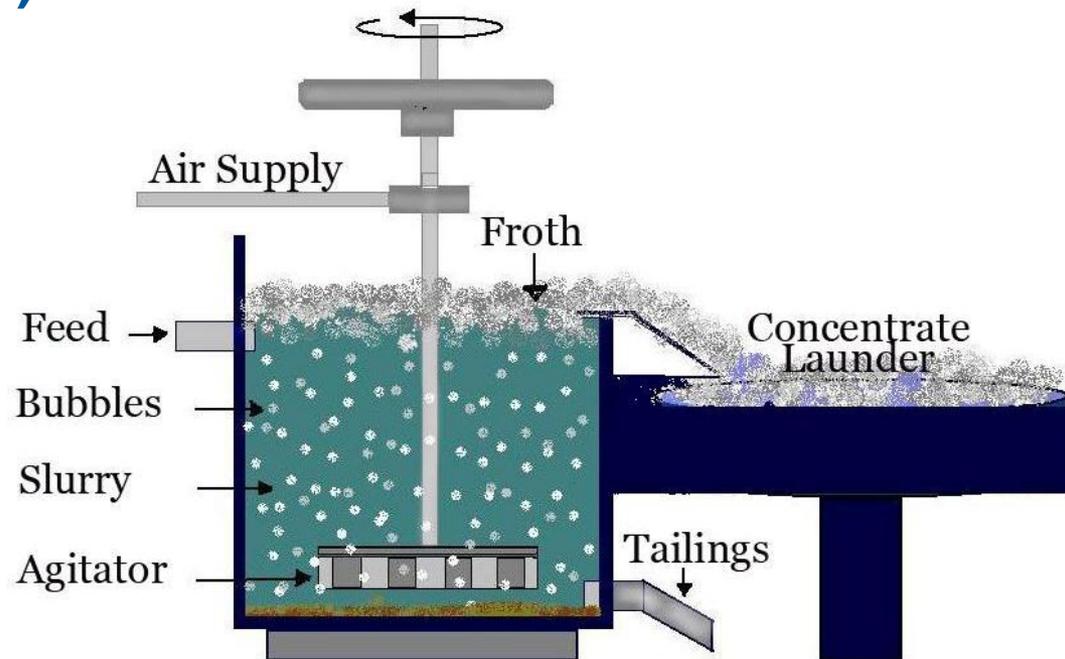
## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften– Flotation (Schaumflotationsapparat)



begaster Rührer in einer leeren Flotationszelle (4 m x 4 m x 4 m)



Paddel zum kontinuierlichen Entfernen des Schaumes



Bestandteile einer kontinuierlich betriebenen Schaumflotationszelle

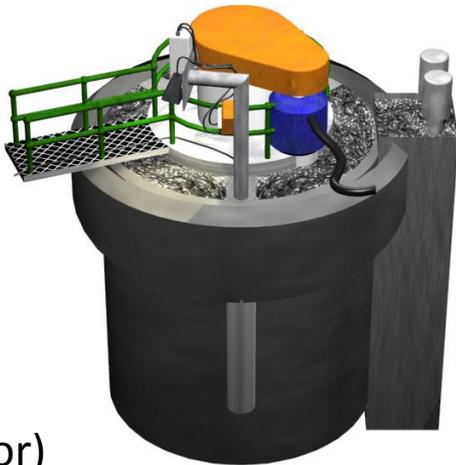
Übersetzung: froth – Schaum, air supply – Luftzufuhr, feed - Aufgabe, bubbles – Blasen, slurry – Suspension (Trübe), agitator – Rührer mit Stator, tailings – Abgänge, concentrate launder - Konzentratwäscher

## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften– Flotation (industrielle Bilder)



Schaum beladen mit hydrophoben Körnern

Schaum-  
flotations-  
zelle  
(begaster  
Rührreaktor)



Parallelschaltung von Schaumflotationszellen  
mit jeweils 5 m Durchmesser und 5 m Höhe  
für die Aufbereitung von Kupfererz.

## 6) Trennen nach Benetzungseigenschaften – Flotation (Experiment)

**schülertaugliches Experiment  
im Seminar mit Ausgabe der Anleitung**

# Regionalhistorisches zur Flotation

## Erstes Patent überhaupt, welches den Effekt der Flotation beschreibt durch die Gebrüder Bessel aus Dresden, 1877



PATENT-SCHRIFT

1877. — Nº 42 — Klasse 22.

---

GEBRÜDER BESSEL IN DRESDEN

Verfahren zur Reinigung von Graphit.

Patentirt im Deutschen Reiche vom 2. Juli 1877 ab.

Der rohe unreine Graphit wird mit einer geringen Menge (1 bis 10 pCt.) einer organischen Substanz vermischt, welche, wenn flüssig, mit Wasser nicht, oder doch nur wenig mischbar ist, wenn fest, von Wasser nicht aufgelöst bzw. nicht benetzt wird.

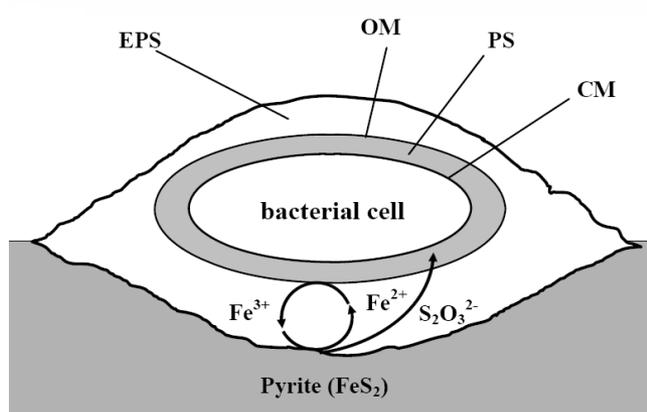
Diese Substanzen, soweit sie praktisch zur Anwendung kommen können, sind nun folgende:

1. Alle fetten Oele und starren Fette des Thier- und Pflanzenreiches und die daraus gewinnbaren fetten Säuren.
2. Alle ätherischen Oele,
3. Alle Harze des Pflanzen- und Mineralreiches, deren Auflösungen und die aus denselben durch trockene Destillation gewinnbaren Oele.
4. Die Kautschukkörper, deren Auflösungen und daraus durch trockene Destillation gewinnbaren Oele.
5. Die sogenannten Balsame des Handels.
6. Rohes und raffiniertes Petroleum, die Nebenproducte der Refination, sowohl die flüchtigeren, wie Ligroin, Petroleumspiritus und Petroleumäther, wie auch die weniger flüchtigen, das sogenannte Vulkanöl und Maschinenöl.
7. Theer von Braunkohle, Steinkohle, Holz und Torf, ebenso die öligen Producte der Destillation dieses Theeres, wie auch der bei der Destillation verbleibenden Rückstände.
8. Pech des Handels.
9. Paraffin.
10. Benzin.
11. Kartoffel-Fuselöl.
12. Bienen- und Pflanzenwachs, auch aus demselben durch trockene Destillation gewinnbaren Oele.
13. Steinöl und Bergtheer.
14. Ozokerit.
15. Walrath.
16. Durch trockene Destillation, ebenso wie durch Auskochen von Knochen gewinnbare Knochenöle.
17. Käsearten des Handels.
18. Endlich Mischungen und Auflösungen der vorstehend aufgeführten Körper untereinander.

Die Mischung des Graphits mit dem gewählten Körper wird möglichst inag gemacht, damit alle Theile des Ersteren mit diesem in Berührung kommen. Darauf wird diese Mischung in Wasser eingetragen und letzteres bis zum lebhaften Kochen erhitzt. Bei diesem Kochen sieht man die Blättchen des Graphits in der Flüssigkeit in die Höhe steigen, während die erdigen Substanzen am Boden zurückbleiben. Man schöpft den oben schwimmenden Graphit ab und trocknet ihn. Wenn man ohne vorherige Mischung mit einem der angeführten Stoffe den Graphit einfach mit Wasser kocht, so findet eine solche Trennung nicht statt, ebenso wenig erreicht man dieselbe durch Schlämmen.

Die Operation gelingt vorzugsweise mit den schuppigen Varietäten des Graphits.

# ALTERNATIVE: Aufbereitung mit Hilfe von Mikroorganismen



**Näheres hierzu im  
Seminarteil zur  
Biotechnologie von Frau  
Dr. Katrin Pollmann**





# moderne Aufbereitungstechnik und Metallurgie energie- und ressourceneffizient

Kontakt: Martin Rudolph, [m.rudolph@hzdr.de](mailto:m.rudolph@hzdr.de), Tel.: 0351 260 4410